

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-257822

(P2003-257822A)

(43)公開日 平成15年9月12日(2003.9.12)

(51)Int.Cl.⁷
H 01 L 21/027
G 03 F 7/20

識別記号
5 2 1

F I
G 03 F 7/20
H 01 L 21/30

テ-マコ-ド*(参考)
5 2 1 5 F 0 4 6
5 1 6 F

審査請求 未請求 請求項の数 4 O.L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2002-54464(P2002-54464)

(22)出願日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成11年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「F2レーザーリソ技の開発」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 白石 直正

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外3名)

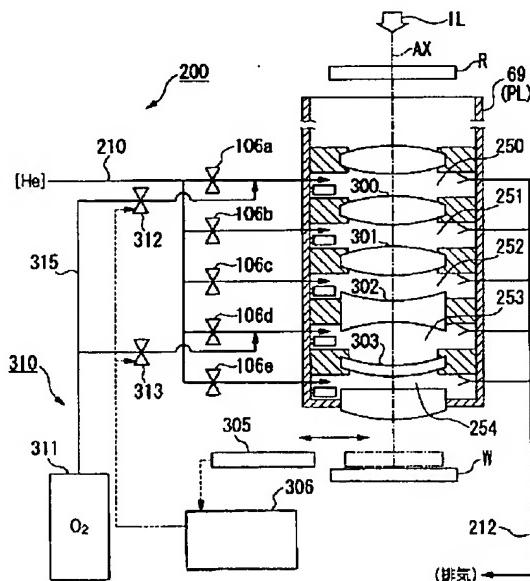
Fターム(参考) 5F046 AA22 CA03 DA04 DA27

(54)【発明の名称】 光学装置及び露光装置

(57)【要約】

【課題】 エネルギービームの強度分布の均一化を図ることができる光学装置を提供する。

【解決手段】 光学装置PLは、エネルギービームILの光路上に形成された複数の空間250～254を有する。複数の空間250～254は、エネルギービームILの進行方向に関して、互いに異なる形状からなる。光学装置PLは、複数の空間250～254のそれぞれにおけるエネルギービームILを吸収する吸光物質の濃度を、各空間250～254の形状に応じて個々に制御する濃度制御装置200を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 エネルギービームの光路上に形成された複数の空間を有する光学装置において、前記複数の空間は、前記エネルギー ビームの進行方法に関する、互いに異なる形状からなり、前記複数の空間のそれぞれにおける前記エネルギー ビームを吸収する吸光物質の濃度を、各空間の形状に応じて個々に制御する濃度制御装置を備えることを特徴とする光学装置。

【請求項2】 前記複数の空間は、前記エネルギー ビームの進行方向に関して、両凸形状の空間と、両凹形状の空間とを有することを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項3】 前記濃度制御装置は、前記複数の空間を通過した前記エネルギー ビームの光情報を計測する計測装置と、該計測装置の計測結果に基づいて、前記複数の空間のうちの少なくとも一つの空間に前記吸光物質を含むガスを供給するガス供給装置とを備えることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光学装置。

【請求項4】 パターンが形成されたマスクをエネルギー ビームにより照明する照明光学系と、前記マスクのパターンを基板上に転写する投影光学系との少なくとも一方が、請求項1から請求項3のうちのいずれか一項に記載の光学装置を備えることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エネルギー ビームの光路上に形成された複数の空間を有する光学装置に係り、特に、半導体素子、液晶表示素子、撮像素子（C C D等）、薄膜磁気ヘッド等の電子デバイスを製造するための露光装置に用いられる光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子（集積回路等）や液晶表示パネル等のデバイス（電子デバイス）をフォトリソグラフィ工程において製造する際に、光源からの露光用照明光（露光ビーム）によってマスク又はレチクル（以下、レチクルと総称する）を照明し、レチクルのパターン（回路パターン）を投影光学系を介して基板（感光剤が塗布されたウエハ、ガラスプレートなど）に転写する露光装置が用いられている。電子デバイスの回路は、上記投影露光装置で上記基板上に回路パターンを露光することにより転写され、後処理によって形成される。こうして形成される回路配線を例えば20層程度にわたって繰り返し成層したものが集積回路である。

【0003】近年、集積回路の高密度集積化、すなわち回路パターンの微細化が進められており、これに伴い、露光装置における露光ビームが短波長化される傾向にある。すなわち、露光ビームとして、これまで主流だった水銀ランプの輝線にかわって、KrFエキシマレーザ（波長：248 nm）が用いられるようになり、さらに

短波長のArFエキシマレーザ（193 nm）の実用化も最終段階に入りつつある。また、さらなる高密度集積化をめざして、F₂レーザ（157 nm）やAr₂レーザ（126 nm）の研究も進められている。

【0004】波長120 nm～200 nm程度の光（エネルギー ビーム）は真空紫外域に属し、これらの光（以下、真空紫外光と称する）は、空気を透過しない。これは、空気中に含まれる酸素、水、炭酸ガス、有機物、ハロゲン化物等（以下、「吸光物質」と呼ぶ）の分子によって光のエネルギーが吸収されるからである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】そのため、真空紫外光を用いた露光装置を構成する光学装置においては、露光ビームを十分な照度でかつ十分な照度均一性で基板に到達させるために、露光ビームの光路上の空間から酸素などの吸光物質を含む気体をできるだけ排除する必要がある。吸光物質を排除する方法としては、光路上の空間を真空紫外光のエネルギー吸収の少ないガス（低吸収性ガス）で満たす方法が知られている。

【0006】しかしながら、光路上の空間から吸光物質を完全に排除するのは困難であることから、光路上の空間を通過することによって露光ビームのエネルギーは一部吸収されてしまう。また、光路上に配置される光学部材によっても露光ビームのエネルギーは一部吸収される。光路上に複数の空間や複数の光学部材を有する光学装置では、こうしたエネルギーの吸収が、露光ビームの強度分布のムラとなってあらわれやすい。

【0007】本発明は、上述する事情に鑑みてなされたものであり、光路上に形成される複数の空間を有する光学装置において、エネルギー ビームの強度分布の均一化を図ることを目的とする。また、本発明の他の目的は、露光精度を向上させることができる露光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の光学装置は、エネルギー ビーム（IL）の光路上に形成された複数の空間（250～254）を有する光学装置（PL）において、前記複数の空間（250～254）は、前記エネルギー ビーム（IL）の進行方向に関して、互いに異なる形状からなり、前記複数の空間（250～254）のそれぞれにおける前記エネルギー ビーム（IL）を吸収する吸光物質の濃度を、各空間（250～254）の形状に応じて個々に制御する濃度制御装置（200）を備えることを特徴とする。この光学装置では、光路上の複数の空間のそれぞれにおける吸光物質の濃度をその空間の形状に応じて個々に制御することにより、射出端でのエネルギー ビームの強度分布を制御することが可能となる。すなわち、光路上の空間に吸光物質が含まれている場合、その空間を通過したエネルギー ビームには、その空間の形状に応じた強度ムラが生じる。したがって、そ

うした強度ムラが解消されるように、各空間の形状に応じて、複数の空間のそれそれぞれにおける吸光物質の濃度を個々に制御することにより、射出されるエネルギーービームの強度分布を均一にすることが可能となる。

【0009】例えば、前記エネルギーービーム(ILL)の進行方向に関して両凸形状の空間(253)では、光軸(AX)付近に比べて周辺部の光路が短いため、その空間(253)に吸光物質が含まれている場合、光軸(AX)付近を通るエネルギーービーム(ILL)がより多く吸収される。逆に、前記エネルギーービーム(ILL)の進行方向に関して両凹形状の空間(251)では、光軸(AX)付近に比べて周辺部の光路が長いため、その空間(251)に吸光物質が含まれている場合、光軸(AX)付近に比べて周辺部を通るエネルギーービームがより多く吸収される。そのため、これら両凸形状の空間(253)と両凹形状の空間(251)とを有する光学装置(PL)においては、両凸形状の空間(253)における吸光物質の濃度を高くすると、エネルギーービーム(ILL)の強度は周辺部に比べて光軸(AX)付近が低くなり、逆に、両凹形状の空間(251)における吸光物質の濃度を高くすると、エネルギーービーム(ILL)の強度は光軸(AX)付近に比べて周辺部が低くなる。このように、両凸形状及び両凹形状の各空間の吸光物質の濃度を制御することにより、複数の空間を通過したエネルギーービームの光軸付近と周辺部との強度ムラを均一に制御することが可能となる。

【0010】上記光学装置(PL)において、前記濃度制御装置(200)は、前記複数の空間(250～254)を通過した前記エネルギーービーム(ILL)の光情報を計測する計測装置(305)と、該計測装置の計測結果に基づいて、前記複数の空間(250～254)のうちの少なくとも一つの空間に前記吸光物質を含むガスを供給するガス供給装置(310)とを備えるのが好ましい。光路上の空間に、吸光物質を含むガスを供給することにより、その空間の吸光物質の濃度を制御することが可能となる。また、光路上の複数の空間を通過したエネルギーービームの光情報を計測し、その計測結果に基づいて、エネルギーービームの強度ムラが解消されるように、その複数の空間のうちの少なくとも一つの空間に、吸光物質を含むガスを供給し、その空間の吸光物質の濃度を制御することにより、光学装置の射出端におけるエネルギーービームの強度の均一化を図ることができる。

【0011】本発明の露光装置(10)は、パターンが形成されたマスク(R)をエネルギーービーム(ILL)により照明する照明光学系(21)と、前記マスク(R)のパターンを基板(W)上に転写する投影光学系(PL)との少なくとも一方が、上記光学装置を備えることを特徴とする。この露光装置では、基板に照射されるエネルギーービームの強度均一性が向上することから、露光精度が向上する。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明に係る光学装置を投影光学系として備える一実施形態に係る半導体デバイス製造用の縮小投影型露光装置10の全体構成を示している。また、図1ではXYZ直交座標系を採用している。XYZ直交座標系は、基板(感光性基板)としてのウエハWを保持するウエハステージWSに対して平行となるようにX軸及びY軸が設定され、Z軸がウエハステージWSに

10 対して直交する方向に設定される。実際には、図中のXYZ直交座標系は、XY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直方向に設定される。

【0013】本実施形態に係る露光装置は、露光源としてF₂レーザ光源を使用している。また、マスク(投影原版)としてのレチクルR上の所定形状の照明領域に對して相対的に所定の方向へレチクルR及びウエハWを同期して走査することにより、ウエハW上の1つのショット領域に、レチクルRのパターン像を逐次的に転写するステップ・アンド・スキャン方式を採用している。このようなステップ・アンド・スキャン型の露光装置では、投影光学系の露光フィールドよりも広い基板(ウエハW)上の領域にレチクルRのパターンを露光できる。

【0014】図1において、露光装置10は、レーザ光源20、このレーザ光源20からのエネルギーービームとしての露光ビームILによりレチクルRを照明する照明光学系21、レチクルRから射出される露光ビームILをウエハW上に投射する投影光学系PL、及び装置全体を統括的に制御する不図示の主制御装置等を備えている。さらに、露光装置10は全体として大きいチャンバー(不図示)の内部に収納されている。

【0015】レーザ光源20は、例えば発振波長157nmのパルス紫外光を出力するF₂レーザを有する。また、レーザ光源20には、図示しない光源制御装置が併設されており、この光源制御装置は、主制御装置からの指示に応じて、射出されるパルス紫外光の発振中心波長及びスペクトル半値幅の制御、パルス発振のトリガ制御、レーザチャンバ内のガスの制御等を行う。

【0016】レーザ光源20からのパルスレーザ光(照明光)は、偏向ミラー30にて偏向されて、光アッテネータとしての可変減光器31に入射する。可変減光器31は、ウエハ上のフォトレジストに対する露光量を制御するために、減光率が段階的又は連続的に調整可能である。可変減光器31から射出される照明光は、光路偏向ミラー32にて偏向された後に、第1フライアイレンズ33、ズームレンズ34、振動ミラー35等を順に介して第2フライアイレンズ36に達する。第2フライアイレンズ36の射出側には、有効光源のサイズ・形状を所望に設定するための照明光学系開口絞り用の切り替えレバ37が配置されている。本実施形態では、照明光学系開口絞りでの光量損失を低減するために、ズーム

レンズ34による第2フライアイレンズ36への光束の大きさを可変としている。

【0017】照明光学系開口絞りの開口から射出した光束は、コンテンサレンズ群40を介して照明視野絞り（レチクルブラインド）41を照明する。なお、照明視野絞り41については、特開平4-196513号公報及びこれに対応する米国特許第5,473,410号公報に開示されている。

【0018】照明視野絞り41からの光は、偏向ミラー42、45、レンズ群43、44、46からなる照明視野絞り結像光学系（レチクルブラインド結像系）を介してレチクルR上に導かれ、レチクルR上には、照明視野絞り41の開口部の像である照明領域が形成される。レチクルR上の照明領域からの光は、投影光学系PLを介してウエハW上へ導かれ、ウエハW上には、レチクルRの照明領域内のパターンの縮小像が形成される。レチクルRを保持するレチクルステージRSはXY平面内で二次元的に移動可能であり、その位置座標は干渉計50によって計測されかつ位置制御される。また、ウエハWを保持するウエハステージWSもXY平面内で二次元的に移動可能であり、その位置座標は干渉計51によって計測されかつ位置制御される。これらにより、レチクルR及びウエハWを高精度に同期走査することが可能になる。なお、上述したレーザ光源20～照明視野絞り結像光学系等により照明光学系21が構成される。

【0019】本実施形態で使用するF₂レーザ光（波長：157nm）のように、真空紫外域の光を露光ビームとする場合には、透過率の良好な光学硝材（光学素子）としては、萤石（CaF₂の結晶）、フッ素や水素等をドープした石英ガラス、及びフッ化マグネシウム（MgF₂）等に限られる。この場合、投影光学系PLにおいて、屈折光学部材のみで構成して所望の結像特性（色収差特性等）を得るのは困難であることから、屈折光学部材と反射鏡とを組み合わせた反射屈折系を採用してもよい。

【0020】また、真空紫外域の光を露光ビームとする場合、その光路から酸素、水（水蒸気）、炭化水素系の物質（一酸化炭素、二酸化炭素など）、有機物、及びハロゲン化物等の、係る波長帯域の光に対し強い吸収特性を有する物質（以下、適宜「吸光物質」と呼ぶ）を排除する必要がある。そのため、本実施形態では、照明光路（レーザ光源20～レチクルRへ至る光路）及び投影光路（レチクルR～ウエハWへ至る光路）を外部雰囲気から遮断し、これらの光路を真空紫外域の光に対して吸収の少ない特性を有する低吸収性ガスとしての窒素、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトン、キセノン、ラドンなどのガス、またはそれらの混合ガス（以下、適宜「低吸収性ガス」あるいは「バージガス」と呼ぶ）で満たしている。

【0021】具体的には、レーザ光源20から可変減光

50

器31までの光路がケーシング60により外部雰囲気より遮断され、可変減光器31から照明視野絞り41までの光路がケーシング61により外部雰囲気より遮断され、照明視野絞り結像光学系がケーシング62により外部雰囲気から遮断され、それらの光路内に上記低吸収性ガスが充填されている。なお、ケーシング61とケーシング62はケーシング63により接続されている。また、投影光学系PL自体もその鏡筒69がケーシングとなっており、その内部光路に上記低吸収性ガスが充填されている。

【0022】また、ケーシング64は、照明視野絞り結像光学系を納めたケーシング62と投影光学系PLとの間の空間を外部雰囲気から遮断しており、その内部にレチクルRを保持するレチクルステージRSが収納されている。このケーシング64には、レチクルRを搬入・搬出するための扉70が設けられており、この扉70の外側には、レチクルRを搬入・搬出時にケーシング64内の雰囲気が汚染されるのを防ぐためのガス置換室65が設けられている。このガス置換室65にも扉71が設けられており、複数種のレチクルを保管しているレチクルストッカ66との間のレチクルの受け渡しは扉71を介して行われる。

【0023】また、ケーシング67は、投影光学系PLとウエハWとの間の空間を外部雰囲気から遮断しており、その内部に、ウエハホールダ80を介してウエハWを保持するウエハステージWS、ウエハWの表面のZ方向の位置（フォーカス位置）や傾斜角を検出するための斜入射形式のオートフォーカスセンサ81、オフ・アクシス方式のアライメントセンサ82、ウエハステージWSを載置している定盤83等が収納されている。このケーシング67には、ウエハWを搬入・搬出するための扉72が設けられており、この扉72の外側にはケーシング67内部の雰囲気が汚染されるのを防ぐためのガス置換室68が設けられている。このガス置換室68には扉73が設けられており、装置内部へのウエハWの搬入、装置外部へのウエハWの搬出はこの扉73を介して行われる。

【0024】各光路上の空間に充填される低吸収性ガス（バージガス）としては、窒素やヘリウムを用いることが好ましい。窒素は波長が150nm程度以下の光に対しては吸光物質として作用し、ヘリウムは波長100nm程度以下の光に対して低吸収性ガスとして使用することができます。ヘリウムは熱伝導率が窒素の約6倍であり、気圧変化に対する屈折率の変動量が窒素の約1/8であるため、特に高透過率と光学系の結像特性の安定性や冷却性とで優れている。なお、投影光学系PLの鏡筒について低吸収性ガスとしてヘリウムを用い、他の光路（例えばレーザ光源20～レチクルRまでの照明光路など）については低吸収性ガスとして窒素を用いてよい。

【0025】ここで、ケーシング61, 62, 64, 67のそれぞれには、給気弁100, 101, 102, 103が設けられており、これらの給気弁100～103は後述するガス供給システムにおける給気管路に接続されている。また、ケーシング61, 62, 64, 67のそれぞれには、排気弁110, 111, 112, 113が設けられており、これらの排気弁110～113は、それぞれガス供給システムにおける排気管路に接続されている。

【0026】同様に、ガス置換室65, 68にも給気弁104, 105及び排気弁114, 115が設けられ、投影光学系PLの鏡筒69にも給気弁106及び排気弁116が設けられ、これらはガス供給システムにおける給気管路あるいは排気管路に接続されている。

【0027】また、ガス置換室65, 68においては、レチクル交換又はウエハ交換等の際にガス置換を行う必要がある。例えば、レチクル交換の際には、扉71を開いてレチクルストッカ66からレチクルをガス置換室65内に搬入し、扉71を閉めてガス置換室65内を低吸収性ガスで満たし、その後、扉70を開いて、レチクルをレチクルステージRS上に載置する。また、ウエハ交換の際には、扉73を開いてウエハをガス置換室68内に搬入し、この扉73を閉めてガス置換室68内を低吸収性ガスで満たす。その後、扉72を開いてウエハをウエハホルダ80上に載置する。なお、レチクル搬出、ウエハ搬出の場合はこの逆の手順である。また、ガス置換室65, 68のガス置換の際には、ガス置換室内の雰囲気を減圧した後に、給気弁から低吸収性ガスを供給しても良い。

【0028】また、ケーシング64, 67においては、ガス置換室65, 68によるガス置換を行った気体が混入する可能性があり、このガス置換室65, 68のガス中にはかなりの量の酸素などの吸光物質が混入している可能性が高い。そのため、ガス置換室65, 68のガス置換と同じタイミングでガス置換を行うことが望ましい。また、ケーシング及びガス置換室においては、外部雰囲気の圧力よりも高い圧力の低吸収性ガスを充填しておくことが好ましい。

【0029】図2は、上述した露光ビームの光路上の各空間に、バージガスとして上述した低吸収性ガスを供給するガス供給システム200の構成の一例を示している。ガス供給システム200は、所定の低吸収性ガスを収容するガスピンベなどのガス供給源201、光路上の各空間に低吸収性ガスを供給するガス供給装置202、光路上の各空間から低吸収性ガスを含む気体を排出する排気装置203、低吸収性ガスの温度を制御するための温調装置204、光路上の各空間内の吸光物質の濃度を計測する濃度計205a～205e、及び上記装置を統括的に制御する制御装置206等を有している。

【0030】図2では、低吸収性ガスの供給先として、

前述した露光ビームの光路上の空間のうち、投影光学系PLにおける鏡筒69内部の複数の空間250～254（以後、バージ空間と称する）を代表的に示している。これらの複数のバージ空間250～254は、光学部材（レンズ素子）300～303を挟んで互いに隣り合って配置されている。なお、本例では、結像特性の安定性等の観点より、光路上の空間に供給するバージガスとして、ヘリウムガスを使用するものとする。ただし、ヘリウムガスは高価であることから、露光ビームの波長がF2レーザのように150nm以上である場合には、運転コストを低減するためにバージガスとして窒素ガスを使用してもよい。

【0031】ガス供給装置202は、ガス供給源201から送られるヘリウムガスを例えば加圧することにより、そのヘリウムガスを給気管路210を介して各バージ空間250～254に供給する。本例では、各バージ空間250～254ごとに流量調整可能な給気弁106a～106eが設けられており、これに対応して給気管路210も分岐構造となっている。ガス供給装置202から送られるヘリウムガスは、各給気弁106a～106eを介して各バージ空間250～254に供給されるとともに、各バージ空間250～254ごとにその流量が個々に制御される。

【0032】また、ガス供給装置202と給気弁106a～106eとの間の給気管路210上には、ヘリウムガスに含まれる不純物を除去するためのフィルタ211が配置されている。なお、この給気管路210上に、通路内の圧力を計測するための圧力計や、ヘリウムガスに含まれる吸光物質の濃度を計測するための濃度計などの計器類をさらに設けてもよい。また、ガス供給源201から排出されるガスが十分に圧力を有している場合はガス供給装置202を省くことも可能である。

【0033】給気管路210に用いられる配管としては、洗浄されたステンレスなどの金属、あるいは洗浄された四フッ化エチレン、テトラフルオロエチレンーテレフルオロ（アルキルビニルエーテル）、またはテトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロペン共重合体等の各種ポリマー等、ケミカルクリーンな素材のものが用いられ、配管維手としては、例えば禁油処理されたステンレスなどの金属製、あるいは各種ポリマー製のものが用いられる。

【0034】フィルタ211は、例えば吸着、吸収、あるいは渦過といった作用により上述した吸光物質を除去可能なものが用いられる。具体的には、酸素等の吸光性ガスを除去するケミカルフィルタ、あるいはHEPAフィルタやULPAフィルタ等の主に塵（パーティクル）を除去するためのフィルタなどが用いられる。また、例えば、アンモニア、アミン系の化合物、イオン系、シリコン、シラザン、シラノール等のシリコン系の有機物や、可塑剤（タルサンエステル等）、難燃剤（燐酸、

塩素系物質)などの不純物を除去するためのフィルターとして、活性炭フィルタやゼオライトフィルターを用いることができる。

【0035】なお、給気管路125上に複数のフィルタ211を並べて配置してもよい。例えば、特性の異なる複数のフィルタを直列に配置し、より高純度仕様のものを下流側に配置することにより、フィルタの効率的な使用が可能となる。また、フィルタを並列に配置することにより、フィルタによる流れの抵抗を抑えることが可能となる。あるいは、並列に配置されたフィルタに対して選択的にガスを通すことにより、フィルタ交換の作業性を向上させることができる。

【0036】排気装置203は、例えば真空圧を発生させ、排気管路212を介して各バージ空間250～254内の気体を排出するものである。各バージ空間250～254から排出した気体は、例えば装置外部の空間に排出される。なお、各バージ空間250～254から排出した気体を、精製してバージガスとして再利用してもよい。ガスの再利用により、バージガス(本例ではヘリウムガス)の消費量を低減することができる。

【0037】温調装置204は、バージ空間250～254に供給するヘリウムガスの温度を所定の値に制御する。ガスの温度は、例えば、室温(20～25℃)程度に制御される。ガスの温度を一定に制御することにより、バージ空間250～254において、光学部材の熱変形を抑制することができる。なお、ガスの温度は上述したものに限定されない。また、本例のようにバージガスとしてヘリウムを用いる場合、ヘリウムの温度変化を抑制するために、温調装置は各ケーシングの近傍に配置されることが好ましい。

【0038】濃度計205a～205eは、本例では、各バージ空間250～254のそれぞれに対して設置されている。濃度計としては、例えば、酸素濃度計、水蒸気の濃度計としての露点計、及び二酸化炭素のセンサ等の濃度計又はそれらセンサを組み合わせた複合センサといったものが採用される。なお、濃度計として、質量分析計の類の装置や、電流を流してその電流値を計測することによりガスに含まれる吸光物質の濃度を間接的に計測するセンサを用いてもよい。

【0039】上記ガス供給システム200では、上記フィルタ211を介して、高純度のヘリウムガスを各バージ空間250～254に供給する。これにより、その空間250～254内がヘリウムガスで満たされる。このとき、ガス供給システム200では、濃度計205a～205eの計測結果に基づいて、各バージ空間250～254内の吸光物質の濃度が所定の許容濃度(例えば積比で10ppm)以下になるように、給気弁106a～106eを介して、各空間250～254に対するガスの供給量を制御する。これにより、各バージ空間250～254内の吸光物質が低減される。

【0040】ここで、図2に示す投影光学系PLにおける複数のバージ空間250～254は、露光ビームILの進行方向(あるいは光軸AX方向)に関して、互いに異なる形状からなる少なくとも2つの空間(例えばバージ空間251、253)を含む。例えば、バージ空間251は、露光ビームILの進行方向に関して、両凸形状のレンズ素子300と、同じく両凸形状のレンズ素子301によって、両凹形状に形成されている(いわゆる両凹形状の空気レンズ)。これに対して、バージ空間253は、露光ビームILの進行方向に関して、両凹形状のレンズ素子302と、凸面をウエハW側に向けたメニスカス形状のレンズ素子303によって、両凸形状に形成されている(いわゆる両凸形状の空気レンズ)。

【0041】ガス供給システム200では、各バージ空間250～254の吸光物質の濃度を上述した所定の許容濃度以下に制御すると、その後、複数のバージ空間250～254のうち、上記両凹形状のバージ空間251と両凸形状のバージ空間253とに対してさらに吸光物質の濃度制御を行い、他のバージ空間250、252、及び254に対しては、吸光物質の濃度を上述した所定の許容濃度以下に制御した状態を維持する。

【0042】両凹形状のバージ空間251、及び両凸形状のバージ空間253に対する濃度制御は、投影光学系PLの射出端側に配置される光量モニタ305(図3参照)の計測結果に基づいて行う。また、この濃度制御のために、ガス供給システム200には、前述したヘリウムガスの供給系に加えて、吸光物質である酸素ガスの供給系が備えられている。

【0043】図3は、酸素ガスの供給系の構成例を模式的に示している。図3において、酸素供給系310は、酸素が圧縮又は液化されて収容されたガスピンベなどの酸素供給源311、酸素の供給量を制御する流量制御弁312、313、投影光学系PLから射出されたエネルギーービームの強度分布を計測するための光量モニタ305、及び前述した制御装置206等を備える。なお、酸素供給源311に接続された酸素ガス用の給気管路315は、各流量制御弁312、313を介して、ヘリウムガス用の給気管路210に接続されている。また、光量モニタ305は、例えば投影光学系PLの射出端側に挿脱自在に配置される。

【0044】上記酸素供給系310では、光量モニタ305によって投影光学系PLから射出された露光ビームILの強度分布を計測し、その計測結果に基づいて、強度ムラが解消されるように、流量制御弁312、313を介して、バージ空間251、253に対する酸素ガスの供給量が制御される。

【0045】ここで、両凸形状のバージ空間253では、光軸AX付近に比べて周辺部の光路が短いため、そのバージ空間253に吸光物質が含まれている場合、周辺部に比べて光軸AX付近を通る露光ビームILのエネ

11

ルギーがより多く吸収される。一方、両凹形状の空間251では、光軸AX付近に比べて周辺部の光路が長いため、そのバージ空間251に吸光物質が含まれている場合、光軸AX付近に比べて周辺部を通る露光ビームILのエネルギーがより多く吸収される。

【0046】つまり、両凸形状のバージ空間253に酸素を供給し、その空間253における吸光物質の濃度を高くすると、露光ビームILの強度は周辺部に比べて光軸AX付近が弱くなる。逆に、両凹形状のバージ空間251に酸素を供給し、その空間251における吸光物質の濃度を高くすると、露光ビームILの強度は光軸AX付近に比べて周辺部が弱くなる。

【0047】したがって、光量モニタ305で計測された露光ビームILの強度分布が、周辺部に比べて光軸AX付近（中心部）が強い場合には、両凸形状のバージ空間253に酸素ガスを供給し、その空間253の吸光物質の濃度を高めることにより、強かった光軸AX付近のビーム強度が相対的に弱くなり、強度ムラが解消される。逆に、光量モニタ305で計測された露光ビームILの強度分布が、光軸AX付近（中心部）に比べて周辺部が強い場合には、両凹形状のバージ空間251に酸素ガスを供給し、その空間251の吸光物質の濃度を高めることにより、強かった周辺部のビーム強度が相対的に弱くなり、強度ムラが解消される。

【0048】このように、本例のガス供給システム200では、両凹形状のバージ空間251、及び両凸形状のバージ空間253における吸光物質の濃度を、その空間の形状に基づくエネルギーの吸収特性に応じて個々に制御する。これにより、エネルギーービームの強度ムラが解消され、投影光学系PLの射出端側（ウエハW面上）での露光ビームILの強度分布の均一化が図られる。

【0049】したがって、先の図1に示した本例の露光装置10では、上記ガス供給システム200を備えることにより、ウエハWに照射される露光ビームILの強度均一性が向上し、露光精度の向上を図ることができる。

【0050】以上、添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態例について説明したが、本発明は係る例に限定されることは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0051】例えば、上記実施例では、互いに異なる形状の2つの空間に酸素ガスを供給して露光ビームの強度ムラの解消を行っているが、酸素ガスを供給する空間は2つに限らず、1つあるいは3つ以上でもよい。また、酸素ガスを供給する空間の形状も両凸形状や両凹形状に限定されず、任意の形状が適用される。すなわち、その空間内に吸光物質が含まれている場合に、露光ビームがどのように吸収されるかの吸収特性を予め求めておき、

12

その吸収特性に基づいてその空間に酸素ガスを供給することで、任意の形状の空間に対応できる。

【0052】また、強度ムラの解消用に空間に供給するガスは、酸素に限らず炭酸ガスなどの他の吸光物質でもよい。

【0053】また、上記実施例では、光学装置として投影光学系を適用した例について代表的に説明したが、本発明の光学装置は投影光学系に限定されるものではなく、照明光学系など、他の光学装置にも適用可能である。

【0054】また、ヘリウムガスをバージ空間内に供給するにあたって、バージ空間に例えば空気等の吸収性ガスが多く含まれる場合には、ヘリウムガスを供給する前に、排気装置によって一旦その空間内の気体を排出するといい。これにより、より短時間で上記バージ空間250～254内を低吸収性ガスであるヘリウムガスに置換することができる。

【0055】また、バージ空間は、気密性を有するものとしているが、必ずしも気密性を有しなくてもよい。例えば、空間内の気圧を外部気圧よりも高く保つようにすることで、空間内の気体を所望の状態に保持するようにしてもよい。なお、複数のバージ空間の間に挟まれる部材としては、上述したレンズ素子のほか、ミラーなどの平行平板も含まれる。特に、真空紫外光のような短波長光では、反射光学系を採用する場合があり、こうしたケースにも本発明は好ましく用いられる。

【0056】また、光路上から吸光物質を排除するには、予め構造材料表面からの脱ガス量を低減する処置を施しておくことが好ましい。例えば、（1）構造材料の表面積を小さくする、（2）構造材料表面を機械研磨、電解研磨、バル研磨、化学研磨、又はGBB（Glass Beads Blasting）といった方法によって研磨し、構造材料の表面粗さを低減しておく、（3）超音波洗浄、クリーンドライエア等の流体の吹き付け、真空加熱脱ガス（ベーキング）などの手法によって、構造材料表面を洗浄する、（4）炭化水素やハロゲン化物を含む電線被膜物質やシール部材（Oリング等）、接着剤等を光路空間に可能な限り設置しない、等の方法がある。

【0057】また、真空圧を発生させる排気装置としては、真空ポンプ、クライオポンプなどが用いられる。クライオポンプは、真空ポンプの一種であり、活性炭や合成フッ化石などのソベントを窒素等の冷媒で冷やす形式のもので、真空中に極低温（10～15K）に冷却された面（クライオパネル）を置き、この面で気体（H₂、He、Ne以外の気体、例えばN₂、Ar等）を吸着して、高真空を作り出す。

【0058】また、照明系チャンバからウエハ操作部のカバーを構成する筐体（筒状体等も可）や、透過性ガスを供給する配管は、不純物ガス（脱ガス）の少ない材料、例えばステンレス鋼、四フッ化エチレン、テトラフ

ルオロエチレンーテルフルオロ（アルキルビニルエーテル）、又はテトラフルオロエチレンヘキサフルオロブロペン共重合体等の各種ポリマーで形成することが望ましい。

【0059】また、各筐体内の駆動機構（レチクルブラインドやステージ等）などに電力を供給するケーブルなども、同様に上述した不純物ガス（脱ガス）の少ない材料で被服することが望ましい。

【0060】また、ウエハ上に塗布された感光材（フォトレジスト）からの脱ガスは吸光物質を含み、これは感光材の種類や温度等によって量、種類ともに異なる。そのため、感光材からの脱ガスの量、種類を予め調査しておき、感光材によって低吸収性ガスの供給量を調整するといい。これにより、ワーキング・ディスタンス部から確実に吸光物質を排除する一方で、一般に高価な低吸収性ガスの消費量を必要最小限に抑えることが可能となる。

【0061】また、本発明は走査露光型の投影露光装置のみならず、一括露光型（ステッパー型）の投影露光装置等にも適用できることは明らかである。これらに備えられる投影光学系は、反射屈折系のみならず、屈折系や反射系であってもよい。さらに、投影光学系の倍率は縮小倍率のみならず、等倍や拡大であってもよい。

【0062】また、本発明はエネルギービームとして、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）を使用する場合や、KrFレーザ光（波長146nm）、Arzレーザ光（波長126nm）、YAGレーザ等の高調波、又は半導体レーザの高調波等の波長が200nm～100nm程度の真空紫外光にも適用できる。

【0063】また、エキシマレーザやFzレーザ等の代わりに、DFB（Distributed feedback：分布帰環型）半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム（Er）（又はエルビウムとイットルビウム（Yb）との両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。

【0064】また、露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適当できる。

【0065】また、ウエハステージやレチクルステージにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもいい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。

【0066】また、ステージの駆動装置として平面モーターを用いる場合、磁石ユニット（永久磁石）と電機子ユ

ニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側（ベース）に設ければよい。

【0067】また、ウエハステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。本発明は、このような構造を備えた露光装置においても適用可能である。

【0068】また、レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。本発明は、このような構造を備えた露光装置においても適用可能である。

【0069】以上のように、本願実施形態の露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0070】そして、上記のように露光が行われたウエハが、現像工程、パターン形成工程、ポンディング工程、パッケージング等を経ることによって、半導体素子等の電子デバイスが製造される。

【0071】

【発明の効果】本発明の光学装置によれば、エネルギービームの光路上の複数の空間における吸光物質の濃度を、各空間の形状に応じて個々に制御することにより、射出端でのエネルギービームの強度分布を均一にすることができる。

【0072】また、本発明の露光装置によれば、基板に照射されるエネルギービームの強度分布の均一化が図られるので、露光精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る光学装置を備える一実施形態に係る半導体デバイス製造用の縮小投影型露光装置の全体構成を示す図である。

【図2】 露光ビームの光路上の各空間にバージガスを供給するガス供給システムの構成の一例を示す図であ

る。

【図3】 露光ビームの光路上の空間に酸素ガスを供給する酸素供給系の構成例を模式的に示す図である。

【符号の説明】

IL 露光光 (エネルギーービーム)

R レチクル (マスク)

W ウエハ (基板)

PL 投影光学系 (光学装置)

21 照明光学系 (光学装置)

200 ガス供給システム (濃度制御装置)

250~254 パージ空間

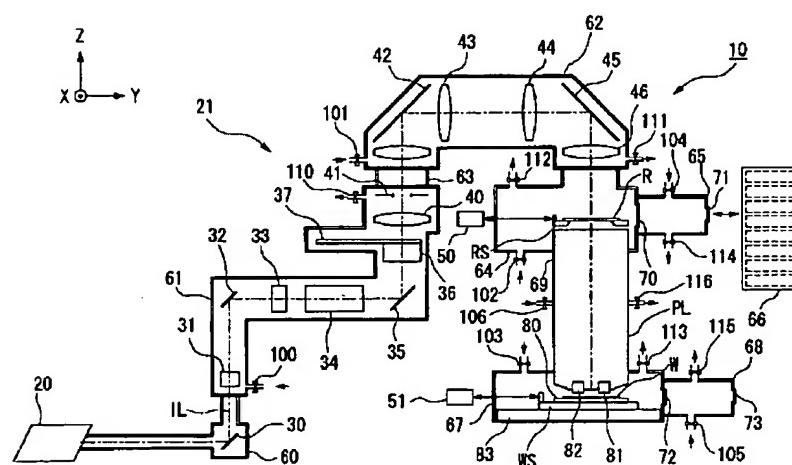
251 両凹形状の空間

253 両凸形状の空間

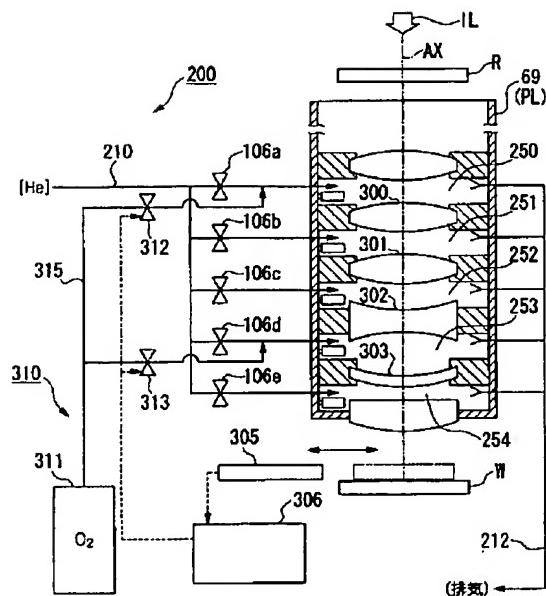
305 光量モニタ (計測装置)

310 酸素供給系 (ガス供給装置)

【図1】



【図3】



DERWENT-ACC-NO: 2003-676384

DERWENT-WEEK: 200364

COPYRIGHT 2006 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Optical instrument used for reduction
projection exposure apparatus, controls concentration of
light absorption oxygen and helium gas supplied to
purge spaces in laser beam irradiation path

PATENT-ASSIGNEE: NIKON CORP[NIKR]

PRIORITY-DATA: 2002JP-0054464 (February 28, 2002)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 2003257822 A	September 12, 2003	N/A
010 H01L 021/027		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP2003257822A	N/A	2002JP-0054464
February 28, 2002		

INT-CL (IPC): G03F007/20, H01L021/027

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2003257822A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The optical instrument includes concave and convex purge spaces
(250-254) through which laser beam is irradiated towards a substrate (W). A
gas supply system (200) equipped with a light quantity monitor (305)
open/close
the valves, to control the concentration of the light absorption
oxygen and
helium gas supplied to the purge spaces.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for
reduction

projection exposure apparatus.

USE - For reduction projection exposure apparatus (claimed) for manufacturing electronics devices e.g. semiconductor integrated circuit, liquid crystal display, image sensor, thin-film magnetic head.

ADVANTAGE - Equalization of the laser beam intensity distribution is realized, hence exposure precision is improved.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the structure of the oxygen supply system of the exposure apparatus. (Drawing includes non-English language text).

gas supply system 200

purge spaces 250-254

light quantity monitor 305

energy beam IL

CHOSEN-DRAWING: Dwg.3/3

TITLE-TERMS: OPTICAL INSTRUMENT REDUCE PROJECT EXPOSE APPARATUS CONTROL

CONCENTRATE LIGHT ABSORB OXYGEN HELIUM GAS SUPPLY PURGE
SPACE LASER
BEAM IRRADIATE PATH

DERWENT-CLASS: P84 U11

EPI-CODES: U11-C04D; U11-C04E1;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2003-540344